

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 42 053 C 1

51 Int. Cl.⁶:
G 01 N 21/35
G 01 N 21/03
G 01 N 21/61

21 Aktenzeichen: 197 42 053.2-52
22 Anmeldetag: 24. 9. 97
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 1. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Dräger Sicherheitstechnik GmbH, 23560 Lübeck, DE

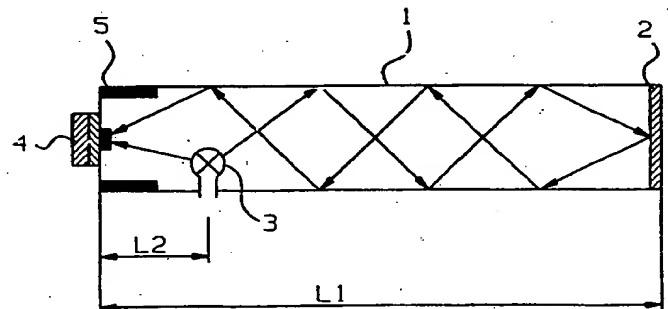
72 Erfinder:
Stock, Burkhard, Dr., 23562 Lübeck, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 35 09 532 C2
DE 28 16 541 C2
DE-AS 22 11 835
DE 1 95 28 919 A1

54 Infrarotmeßanordnung mit erweitertem Meßbereich

57 Erfindungsgegenstand ist eine Infrarotmeßanordnung mit wesentlich erweitertem Meßbereich mit einer Infrarotstrahlungsquelle (3) und einem Infrarotstrahlungsdetektor (4), die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Infrarotstrahlungsquelle (3) einerseits einen ersten, direkten Strahlenweg zum Infrarotstrahlungsdetektor (4) aufweist und andererseits einen zweiten, im Vergleich zum ersten längeren, reflektierten Strahlenweg zum Infrarotstrahlungsdetektor (4) (Figur 1).



DE 197 42 053 C 1

DE 197 42 053 C 1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung der Infrarotabsorption mit einer Infrarotstrahlungsquelle und einem Infrarotstrahlungsdetektor.

Aus der DE-AS 22 11 835 ist eine Vorrichtung zur gleichzeitigen Analyse verschiedener Bestandteile eines Gases mittels Infrarotabsorption mit einer Infrarotstrahlungsquelle und einem Infrarotstrahlungsdetektor sowie mit zwei Strahlenwegen durch mehrere optische Elemente in Form von Austrittsfenstern, Spiegeln und Interferenzfiltern bekanntgeworden.

Eine Meßanordnung für die nichtdispersive Messung der Infrarotabsorption mit einer festen Absorptionsmeßstrecke geht beispielsweise aus der DE 35 09 532 C2 hervor.

Bei derartigen nichtdispersiven Infrarotmeßanordnungen ist die Schwächung der durch das zu bestimmende Gas absorbierten Infrarotstrahlung nach Durchlaufen einer vorgegebenen Absorptionsstrecke ein Maß für die vorhandene Gaskonzentration.

Der Zusammenhang zwischen der Intensität I am Ende der Absorptionsstrecke und der Gaskonzentration C wird durch das Lambert-Beersche Gesetz beschrieben:

$$I(C) = I_0 \cdot \exp(-e \cdot L \cdot C)$$

mit

I_0 = Eintrittsintensität; e = Extinktionskoeffizient;

L = Absorptionsstrecke; C = Gaskonzentration.

Wichtig für eine hohe Nachweisempfindlichkeit der Geräte ist, daß erstens genug Infrarotstrahlung den Infrarotstrahlungsdetektor erreicht, damit das Detektorrauschen nicht zu stark wird, und daß zweitens sich die gemessene Intensität $I(C)$ möglichst stark ändert, wenn sich die Konzentration C ändert.

Der oben angegebenen Gleichung entnimmt man, daß bei hohen Konzentrationen aufgrund der Stellung im Exponenten nur noch wenig Infrarotstrahlung den Infrarotstrahlungsdetektor erreicht und auch die Signaländerung in Abhängigkeit von der Änderung der Gaskonzentration schwach ist.

Demgemäß muß für eine hohe Nachweisempfindlichkeit die Absorptionsstrecke L der zu messenden Konzentration angepaßt werden, also kleine Strecken für hohe Konzentrationen und umgekehrt. Schwankt der zu messende Konzentrationsbereich also in einem weiten Bereich, braucht man eigentlich zwei Meßküvetten mit stark unterschiedlich langen Absorptionsstrecken.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anordnung zur Messung der Infrarotabsorption bereitzustellen, mit der ein erweiterter Meßbereich abgedeckt werden kann.

Die Lösung der Aufgabe erhält man mit den Merkmalen von Anspruch 1 oder Anspruch 2.

Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Anordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 an.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, daß mit einer einzigen Anordnung ein großer Meßbereich verschiedener Gaskonzentrationen mit guter Meßempfindlichkeit vermessen werden kann.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung werden mit Hilfe der Figuren erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung in Form einer einzigen zylindrischen bzw. rohrförmigen Meßgasküvette 1. Dies ist im Gegensatz zu dem Beispiel in Fig. 2 ein nichtabbildendes System.

Die Meßgasküvette 1 besteht im wesentlichen aus einem

innen verspiegelten, abgeschlossenen Rohr mit einem nicht dargestellten Gaseinlaß.

Dieses Rohr ist am in der Fig. 1 rechten Ende mit einer ebenfalls verspiegelten Fläche verschlossen, also beispielsweise mit einem Planspiegel 2. Die Infrarotstrahlungsquelle 3, typischerweise eine geeignete Glühlampe, befindet sich etwa 1 bis 2 cm vom Infrarotstrahlungsdetektor entfernt. Die nach vorne, in Fig. 1 also nach links, abgestrahlte Infrarotstrahlung trifft direkt auf den Infrarotstrahlungsdetektor 4 mit entsprechenden Filtern, die nach hinten, in Fig. 1 also nach rechts, abgestrahlte Infrarotstrahlung gelangt zum Rohrende, wird mehrmals reflektiert, kommt zurück und trifft dann auf den Infrarotstrahlungsdetektor 4 mit entsprechenden Filtern, wobei dieser zweite Strahlenweg natürlich wesentlich länger ist als der erste. Die Aufteilung der Infrarotstrahlung auf die beiden unterschiedlichen Strahlenwege erfolgt am besten über nicht dargestellte Blenden, vorzugsweise mit einer Aufteilung 1 : 1 auf beide Strahlenwege.

Bei einer derartigen gleichen Aufteilung der Infrarotstrahlung auf beide Strahlenwege läßt sich die Anordnung vereinfacht als eine Parallelschaltung zweier Küvetten mit unterschiedlichen Absorptionsstrecken L_A und L_B wie folgt bezüglich der konzentrationsabhängigen Intensität darstellen:

$$I(C) = 1/2 \cdot (I_0 \cdot \exp(-e \cdot L_A \cdot C) + I_0 \cdot \exp(-e \cdot L_B \cdot C)).$$

Durch Messungen wurde bestätigt, daß durch die erfindungsgemäße Aufteilung der Strahlung einerseits eine Meßbereichserweiterung erzielt wird und andererseits die Meßempfindlichkeit, also die Änderung des Intensitätssignals in Abhängigkeit von einer Konzentrationsänderung, verbessert, d. h. erhöht ist.

Die Dimensionierung der erfindungsgemäßen optischen Anordnung hängt von dem geforderten Meßbereich ab. Der Abstand Infrarotstrahlungsdetektor 4 - Planspiegel 2 (L_1 in Fig. 1), also die Hälfte der längeren Absorptionsstrecke, wird von der unteren Grenze der zu messenden Konzentration bestimmt, da für kleine Konzentrationen große Absorptionslängen benötigt werden: Gemäß einem typischen Beispiel, nämlich der Messung der Konzentration von CO_2 , ist eine Absorptionsstrecke von 0.5 bis 1 cm optimal für Konzentrationen im Bereich von 30 bis 100 Vol.%, andererseits ist jedoch zur Messung von Konzentrationen im Bereich von maximal 100 ppm eine Absorptionsstrecke von 20 cm gut geeignet.

Der Durchmesser des Planspiegels 2 ergibt sich aus dem geforderten Signal-Rauschverhältnis. Je größer der Durchmesser ist, desto mehr Infrarotstrahlung fällt auf den Infrarotstrahlungsdetektor 4. Allerdings muß der Durchmesser ins Verhältnis zur Rohrlänge (L_1) gebracht werden, damit der Winkel, mit dem das Licht aus den Randbereichen des Planspiegels 2 kommt, nicht zu schräg auf den Infrarotstrahlungsdetektor 4 trifft. Es wird sonst größtenteils an dem oder den nicht dargestellten Interferenzfiltern vor dem Infrarotstrahlungsdetektor 4 reflektiert und bewirkt außerdem eine Verschiebung der Zentralwellenlänge dieser Filter.

In einem typischen Beispiel beträgt die Rohrlänge (L_1) vorzugsweise etwa 100 bis 200 mm, die Länge L_2 etwa 10 bis 20 mm und der Rohrdurchmesser ebenfalls etwa 10 bis 15 mm. Wird der Durchmesser zu klein, wird die Größe der Infrarotstrahlungsquelle 3 störend. Wird der Durchmesser zu groß, wird die Lichtintensität an der Stirnfläche des Detektors wegen der größeren Fläche zu schwach. Vorzugsweise ist eine ringförmige Innenfläche 5 der Meßgasküvette 1 auf den letzten etwa 3 bis 6 mm des Rohres entspiegelt. Dieses ist vorteilhaft, um Randstrahlen auszublenden, die in einem sehr steilen Winkel auf den Infrarotstrahlungsdetektor

tor 4 fallen und das Meßergebnis verschlechtern können. Die längere Absorptionsstrecke, also der längere Strahlenweg, ist hier durch die Reflektion am Planspiegel 2 etwa $2 \cdot L_1$, der direkte Strahlenweg L_2 .

In Fig. 2 ist eine erfindungsgemäße Anordnung mit einem mit einer reflektierenden Beschichtung versehenen Spiegel 20, vorzugsweise einem Hohlspiegel, und ebenfalls einer Infrarotstrahlungsquelle 3 und einem Infrarotstrahlungsdetektor 4 mit entsprechenden Filtern, vorzugsweise im Brennpunkt des Spiegels 20 angeordnet, dargestellt. Diese Anordnung kann entweder in einer nicht dargestellten Küvette mit Meßgas oder aber in einer mit Meßgas angereicherten Umgebung angeordnet oder eingebracht sein, beispielsweise als tragbare oder mobile Meßanordnung. Der Durchmesser D des Spiegels 20 sollte nicht größer sein als die Strecke L_1 , wobei der Spiegel 20 die insgesamt von der Infrarotstrahlungsquelle 3 emittierte Infrarotstrahlung des längeren Strahlenweges zum Infrarotstrahlungsdetektor 4 reflektiert. Wenn der Durchmesser D im Verhältnis zu L_1 zu groß gewählt wird, trifft die reflektierte Infrarotstrahlung zu schräg auf den Infrarotstrahlungsdetektor 4 auf und bewirkt insgesamt eine Verschlechterung des Meßsignals.

Der Abstand Infrarotstrahlungsdetektor 4 zu Infrarotstrahlungsquelle 3 (Strecke L_2 in Fig. 1 und Fig. 2) wird durch den oberen Meßbereich der zu messenden Gaskonzentration bestimmt. Die Messung sehr hoher Gaskonzentrationen erfordert ein sehr kleines L_2 in der Größenordnung des Durchmessers der Infrarotstrahlungsquelle 3. In diesem Fall muß für die Ausführungsform nach Fig. 2 die Infrarotstrahlungsquelle 3 aus der optischen Achse versetzt werden, da sie sonst das vom Spiegel 20 reflektierte Licht verdeckt. Üblicherweise wählt man aber $L_2 = 1/2 L_1$, um eine gleichbleibende Meßqualität über den gesamten Meßbereich der zu erfassenden Konzentrationen zu erhalten. Bei extremen Verhältnissen, beispielsweise $L_2 = 0.1 \cdot L_1$, ist sonst die Meßqualität im mittleren Bereich schlecht, da sich der untere und obere Meßbereich dann nicht mehr überlappen.

Hat man L_1 und L_2 festgelegt, läßt sich aus der gewünschten Bedingung, daß das Bild der Infrarotstrahlungsquelle 3 auf dem Infrarotstrahlungsdetektor 4 erscheint, die Brennweite des Spiegels 20 festlegen. Im praktischen Beispiel für die CO_2 -Messung betrug L_2 etwa 20 mm, L_1 etwa 50 bis 100 mm und der Durchmesser D des Spiegels 20 etwa 30 mm.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Messung der Infrarotabsorption mit einer Infrarotstrahlungsquelle (3) und einem Infrarotstrahlungsdetektor (4) mit folgenden Merkmalen:

- a) Die Infrarotstrahlungsquelle (3) weist einerseits einen ersten, direkten Strahlenweg zum Infrarotstrahlungsdetektor (4) und andererseits einen zweiten, im Vergleich zum ersten längeren, reflektierten Strahlenweg zum Infrarotstrahlungsdetektor (4) auf,
- b) die Anordnung ist in einer rohrförmigen, innen verspiegelten Meßgasküvette (1) eingebaut, wobei
- c) der Infrarotstrahlungsdetektor (4) an einer der beiden Schmalseiten und die Infrarotstrahlungsquelle (3) an einer Längsseite der Meßgasküvette (1) angeordnet ist.

2. Anordnung zur Messung der Infrarotabsorption mit einer Infrarotstrahlungsquelle (3) und einem Infrarotstrahlungsdetektor (4) mit folgenden Merkmalen:

- a) Die Infrarotstrahlungsquelle (3) weist einerseits einen ersten, direkten Strahlenweg zum In-

frarotstrahlungsdetektor (4) und andererseits einen zweiten, im Vergleich zum ersten längeren, reflektierten Strahlenweg zum Infrarotstrahlungsdetektor (4) auf,

b) die Infrarotstrahlungsquelle (3) befindet sich im oder in der Nähe des Brennpunktes eines die Infrarotstrahlungsquelle (3) ohne weitere Reflektionen im Infrarotstrahlungsdetektor (4) abbildenden konkaven Spiegels (20) und der Infrarotstrahlungsdetektor (4) befindet sich in größerem Abstand vom konkaven Spiegel (20), so daß der Infrarotstrahlungsdetektor (4) sowohl die vom konkaven Spiegel (20) reflektierte als auch die nicht reflektierte Strahlung der Infrarotstrahlungsquelle (3) empfängt und

c) die Anordnung ist im Meßgas angeordnet.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtintensität der Infrarotstrahlungsquelle (3) mittels Blenden auf die beiden Strahlenwege aufgeteilt wird, insbesondere im Intensitätsverhältnis 1 : 1.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die letzten 3 bis 6 mm der Innenfläche (5) auf der dem Infrarotstrahlungsdetektor (4) zugewandten Seite der rohrförmigen Meßgasküvette (1) entspiegelt sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

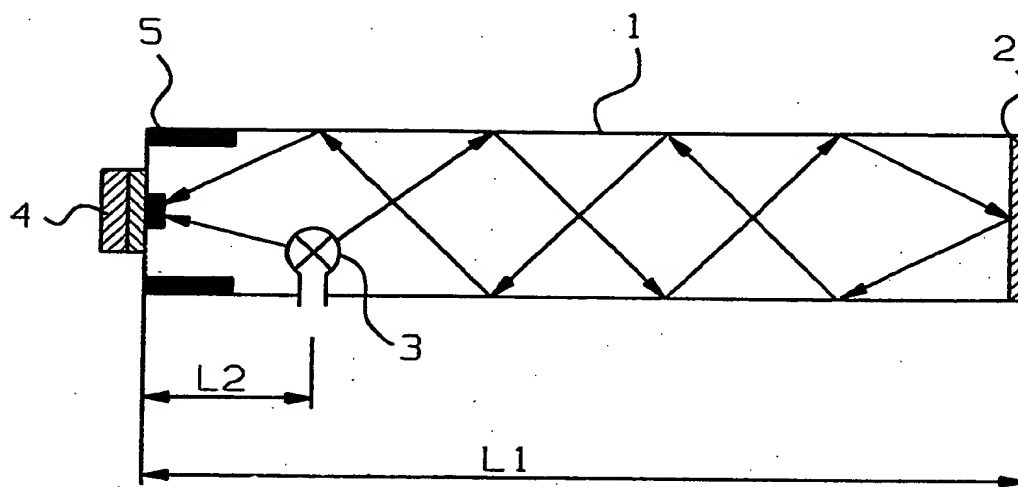


Fig. 1

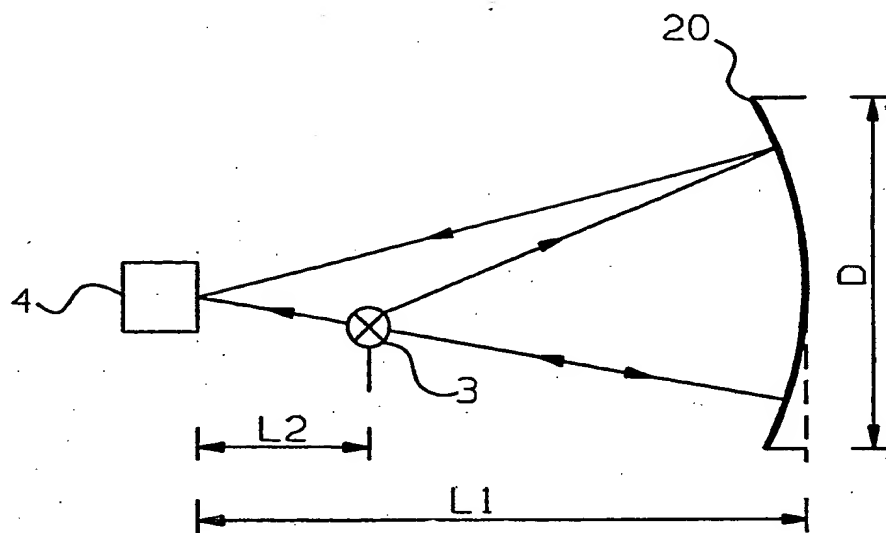


Fig. 2